

La statique des fluides : équilibre et pression

Prérequis

Avant d'aborder ce chapitre crucial de la physique pour votre année de Terminale, assurez-vous de maîtriser les notions suivantes issues de vos années précédentes :

- La notion de force et son vecteur associé \vec{F} (direction, sens, point d'application et norme en Newton N).
- La définition de la masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$, exprimée en $kg \cdot m^{-3}$.
- Les conversions d'unités de surface (m^2 , cm^2) et de volume (m^3 , L , cm^3).
- Les conditions d'équilibre d'un système mécanique (somme des forces nulle).

Ce cours se place généralement au deuxième trimestre, après l'étude de la dynamique et avant l'étude de la thermodynamique, car il fait le pont entre la mécanique du point et les transferts d'énergie.

Chapitre 1 : Nature des fluides et concept de pression

Pour comprendre pourquoi un barrage doit être plus épais à sa base qu'à son sommet, ou pourquoi vos oreilles "claquent" lors d'une descente en avion, nous devons d'abord définir précisément ce qu'est un fluide et comment il interagit avec les surfaces.

1.1 Qu'est-ce qu'un fluide ?

Un **fluide** est un milieu matériel parfaitement déformable. Contrairement aux solides, les fluides n'ont pas de forme propre et épousent celle du récipient qui les contient. On distingue deux catégories :

- Les **liquides** : ils sont quasiment incompressibles (leur volume ne varie presque pas sous l'effet de la pression) et possèdent une surface libre au repos.
- Les **gaz** : ils sont compressibles et occupent tout le volume disponible.

À l'échelle microscopique, les molécules d'un fluide sont en mouvement incessant et désordonné (mouvement brownien). Elles s'entrechoquent et frappent les parois du contenant. C'est la multiplication de ces chocs qui crée, à notre échelle macroscopique, une force continue appelée force pressante.

1.2 La force pressante

Lorsqu'un fluide est en contact avec une paroi, il exerce sur chaque élément de surface S une force appelée **force pressante**, notée \vec{F} .

Cette force possède des caractéristiques immuables :

- **Point d'application** : le centre de la surface S .
- **Direction** : perpendiculaire (normale) à la surface S .
- **Sens** : du fluide vers la paroi.
- **Norme** : proportionnelle à la valeur de la pression P et à l'aire de la surface S .

1.3 Définition de la pression

La **pression** est une grandeur scalaire qui traduit l'intensité de la force pressante exercée par unité de surface.

La pression P est définie par la relation :
$$P = \frac{(F)}{(S)}$$

Avec les unités du Système International (SI) :

Grandeur	Symbole	Unité SI
Pression	P	Pascal (Pa)
Norme de la force F		Newton (N)
Aire de la surface S		mètre carré (m^2)

Remarque pédagogique : Une pression de $1Pa$ correspond à une force de $1N$ (le poids d'une petite pomme) répartie sur $1m^2$. C'est une unité très petite, c'est pourquoi on utilise souvent l'hectopascal ($1hPa=100Pa$) ou le bar ($1bar=10^5Pa$).

1.4 Pressions absolue, relative et différentielle

C'est ici que les nuances deviennent importantes pour un futur technicien ou ingénieur.

- **La pression absolue** (P^{abs}) : C'est la pression mesurée par rapport au vide total. Elle est toujours positive.
- **La pression atmosphérique** (P^{atm}) : C'est la pression exercée par l'air de l'atmosphère. Au niveau de la mer, sa valeur moyenne est $P^{atm} = 1013,25hPa$.
- **La pression relative** (P^{rel}) : Appelée aussi pression effective, c'est la différence entre la pression absolue et la pression atmosphérique.

$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm}$ C'est souvent ce que mesure un manomètre de pneu. Si votre manomètre affiche $2,2bars$, la pression réelle (absolue) à l'intérieur est d'environ $3,2bars$.

- **La pression différentielle** : C'est simplement l'écart de pression entre deux points quelconques P_1 et P_2 .

Question de réflexion : Si vous êtes dans l'espace (vide), quelle serait votre pression relative ?

Chapitre 2 : Loi fondamentale de la statique des fluides

Dans un fluide au repos (statique), la pression n'est pas la même partout. Vous savez d'expérience qu'en plongeant au fond d'une piscine, la pression augmente. Quantifions ce phénomène.

2.1 Énoncé du principe fondamental de l'hydrostatique (PFH)

Pour un fluide incompressible (liquide) de masse volumique ρ constante, la différence de pression entre deux points A et B dépend uniquement de leur différence de profondeur.

La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit :
$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

Ou plus simplement, si l'on note h la différence de hauteur (profondeur) entre les deux points :
$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

Où :

- P est en Pascal (Pa).
- ρ est la masse volumique du fluide en $kg \cdot m^{-3}$ (pour l'eau douce, $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$).
- g est l'intensité de la pesanteur ($g \approx 9,81 N \cdot kg^{-1}$).
- h est la hauteur de la colonne de fluide en mètres (m).

*Attention à l'erreur classique : * N'oubliez jamais de convertir les hauteurs en mètres et les masses volumiques en $kg \cdot m^{-3}$ avant d'effectuer vos calculs !

2.2 Conséquences directes

- **Surface libre d'un liquide** : Tous les points situés à la même profondeur dans un même fluide au repos sont à la même pression. C'est pour cela que la surface d'un verre d'eau est horizontale.
- **Indépendance de la forme** : La pression au fond d'un récipient ne dépend pas de sa forme ou de la largeur du réservoir, mais uniquement de la hauteur de liquide au-dessus du point considéré. C'est le paradoxe hydrostatique.

2.3 Exercice d'application 1 : Le plongeur

Un plongeur descend à une profondeur de $20m$ dans l'océan. On considère que la masse volumique de l'eau de mer est $\rho = 1025 kg \cdot m^{-3}$ et que la pression atmosphérique est $P_{atm} = 10^5 Pa$.

1. Calculer la pression relative exercée par l'eau sur le plongeur.
2. En déduire la pression absolue subie par le plongeur.

Corrigé guidé :

1. On utilise la relation $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$.

$$P_{rel} = 1025,9,81.20 = 201105 Pa \approx 2,01 \cdot 10^5 Pa \quad (\text{soit environ } 2bars).$$

1. La pression absolue est $P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}$.

$$P_{abs} = 1,0 \cdot 10^5 + 2,01 \cdot 10^5 = 3,01 \cdot 10^5 Pa \approx 3bars$$

Chapitre 3 : Mesures de pression et applications technologiques

La maîtrise de la pression est au cœur de nombreux systèmes industriels, des freins hydrauliques d'une voiture aux vérins des engins de chantier.

3.1 Les instruments de mesure

- **Le baromètre** : Inventé par Torricelli, il sert à mesurer la pression atmosphérique. Le baromètre à mercure utilise une colonne de liquide dont la hauteur varie avec la pression de l'air ambiant.
- **Le manomètre** : Il mesure la pression d'un fluide enfermé dans un réservoir.
- *Manomètre à colonne de liquide (en U)* : On mesure le dénivelé h entre les deux surfaces du liquide dans le tube. La pression différentielle est alors $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$.
- *Manomètre à tube de Bourdon* : C'est le cadran à aiguille classique. Un tube métallique courbé se déforme sous l'effet de la pression, entraînant l'aiguille.

3.2 Le principe de Pascal et la transmission des forces

Une propriété fondamentale des fluides incompressibles est qu'ils transmettent intégralement les variations de pression.

Théorème de Pascal : Toute variation de pression en un point d'un liquide au repos est transmise intégralement en tout autre point du liquide.

Cette propriété permet de créer des multiplicateurs de force : la **presse hydraulique**. Si l'on

applique une force F_1 sur un petit piston de section S_1 , on crée une pression $P = \frac{F_1}{S_1}$. Cette pression est transmise à un second piston de section S_2 beaucoup plus grande. La force résultante F_2 sera :

$$F_2 = P \cdot S_2 = F_1 \cdot \left(\frac{S_2}{S_1} \right)$$

Si S_2 est 10 fois plus grande que S_1 , la force est multipliée par 10 ! C'est ainsi qu'un garagiste peut soulever une voiture de deux tonnes en appuyant simplement sur une pédale.

3.3 Exercice d'application 2 : Le cric hydraulique

On souhaite soulever une charge de $15000N$ à l'aide d'un cric dont le piston de sortie a une surface $S_2=50cm^2$. Le piston d'entrée, sur lequel on appuie, a une surface $S_1=2,5cm^2$.

1. Quelle pression doit régner dans le circuit d'huile ?
2. Quelle force F_1 faut-il exercer sur le petit piston ?

Corrigé guidé :

1. Conversion : $S_2=50cm^2=50.10^{-4}m^2$.

$$P = \frac{(F_2)}{(S_2)} = \frac{(15000)}{(50.10^{-4})} = 3.10^6 Pa \quad (\text{soit } 30bars).$$

1. $F_1 = P.S_1$. Conversion : $S_1=2,5.10^{-4}m^2$.

$$F_1 = 3.10^6 . 2,5.10^{-4} = 750N . \text{ Une force modeste de } 750N \text{ permet donc de soulever } 15000N .$$

Résumé

- Un **fluide** est un corps déformable (liquide ou gaz). Les liquides sont **incompressibles** tandis que les gaz sont **compressibles**.
- La **force pressante** \vec{F} est toujours perpendiculaire à la paroi et dirigée vers elle.
- La **pression** est le rapport de la force par la surface : $P = \frac{(F)}{(S)}$. Son unité légale est le **Pascal** (Pa).
- La **pression absolue** est la pression réelle. La **pression relative** est l'écart par rapport à la pression atmosphérique : $P_{rel} = P_{abs} - P_{atm}$.
- La **loi fondamentale de la statique des fluides** énonce que pour deux points A et B séparés par une hauteur h : $P_B - P_A = \rho . g . h$.
- La pression augmente avec la **profondeur** et avec la **masse volumique** du fluide.
- Le **principe de Pascal** permet d'amplifier des forces dans des systèmes hydrauliques en transmettant la pression sans perte dans un liquide.
- Les instruments : le **baromètre** (pression atmosphérique) et le **manomètre** (pression d'un fluide captif).

From:
<https://wikiprof.fr/> - wikiprof.fr

Permanent link:
https://wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:sti2d:terminale_technologique:physique_chimie:la_statique_des_fluides

Last update: 2026/05/20 09:54

